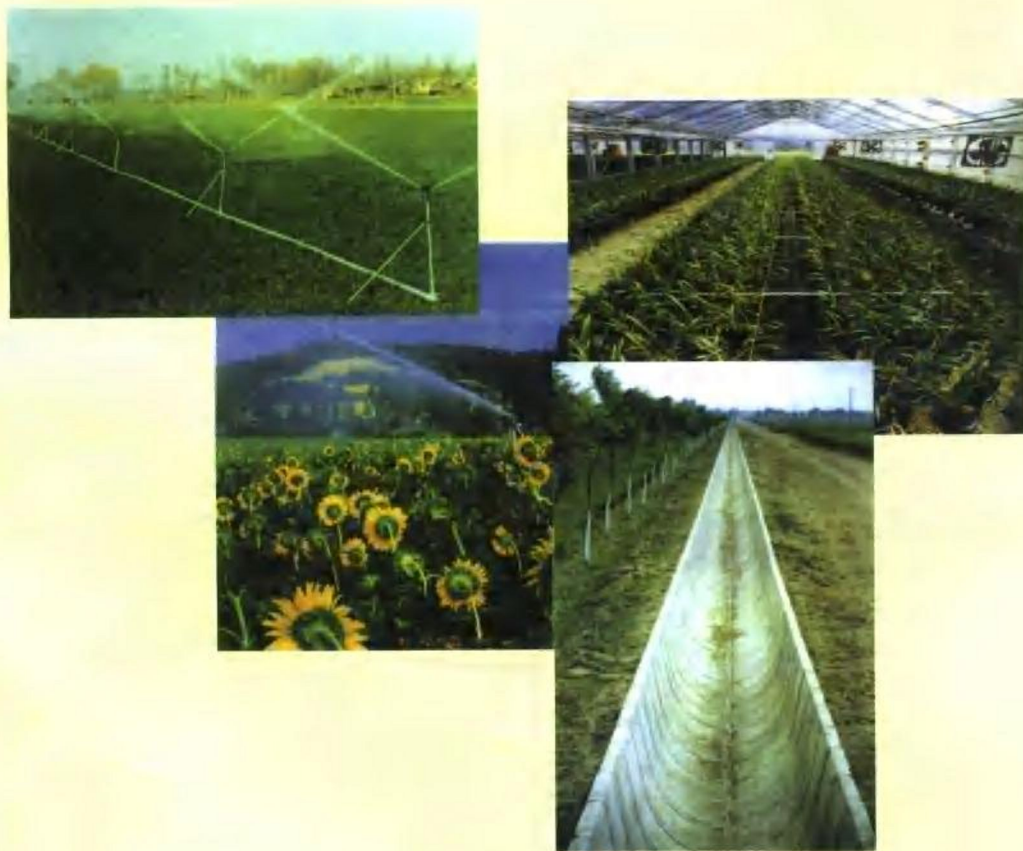


节水灌溉技术培训教材

喷灌工程技术

水利部农村水利司

中国灌溉排水技术开发培训中心



 中国水利水电出版社

节水灌溉技术培训教材

喷灌工程技术

赵竞成 任晓力 等 编著

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书系《节水灌溉技术培训教材》的一个分册。主要内容包括：喷头喷洒原理及其基本参数，规划设计基本资料，喷灌设备及选型，水力计算，喷灌工程规划，管道式喷灌系统设计，机组式喷灌系统设计，喷灌工程施工与管理，以及发展喷灌应注意的问题等。

本书主要供培训基层水利技术人员，从事喷灌工程的设计、施工和管理使用，亦可供相关专业院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

喷灌工程技术/赵竞成等编著. —北京：中国水利水电出版社，1999

节水灌溉技术培训教材

ISBN 7-80124-645-4

I. 喷… I. 赵… III. 喷灌-技术培训-教材 IV. S275.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 05735 号

书 名	节水灌溉技术培训教材 喷灌工程技术
作 者	水利部农村水利司 中国灌溉排水技术开发培训中心
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京密云红光照排厂
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 11.75 印张 262 千字
版 次	1999 年 3 月第一版 1999 年 3 月北京第一次印刷
印 数	0001—4600 册
定 价	25.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

《节水灌溉技术培训教材》

编 委 会

主任委员： 陈 雷

副主任委员： 冯广志 乔玉成 许红波

高而坤 周卫平 赵竞成

委 员： （按姓氏笔画为序）

王晓玲 史 群 祁建华 曲 强

任晓力 沈秀英 李龙昌 李安国

李英能 张汉松 张祖新 郑耀泉

林性粹 顾宇平 彭世彰 彭建明

序

我国是一个水资源严重短缺的国家,人均水资源占有量排在世界第109位,仅为世界平均水平的1/4。随着经济的发展、人口的增加、社会的进步、工业和城市用水量的激增,农业用水量占全国总用水量的比重已从80年代初的80%降到目前的70%左右。农业用水供需矛盾日益突出,干旱缺水成为制约我国农业发展的主要因素之一。一方面农业缺水,另一方面用水浪费现象又普遍存在,灌溉水的利用率只有30%~40%,而先进国家达到70%~80%以上。我国单产粮食生产能力只有1kg左右,而先进国家为2kg,以色列达2.32kg。我国目前采用喷灌、微灌等先进节水措施的灌溉面积仅占总灌溉面积的2%,而有些发达国家占灌溉面积的80%以上,美国的喷灌、滴灌面积为1.65亿亩,占灌溉面积的一半。我国目前已建的防渗渠道工程为55万多km,仅占渠道总长的18%。从国外和我国各地的实践经验看,凡采用先进的节水灌溉技术,都可获得十分显著的节水增产效果。农业灌溉节水潜力巨大,通过普及节水灌溉技术,提高灌溉水的利用率和水分生产率,无疑是解决农业用水危机,缓解我国水资源供需矛盾的有效途径。

党的十五大报告中指出要“大力推进科教兴农,发展高产、优质、高效农业和节水农业”,国务院决定在“九五”期间建设300个节水增产重点县和一批节水型井灌区,以推动我国节水灌溉工作的全面发展。在党中央的领导下,一个亿万农民群众参加的大搞农业节水灌溉的热潮已在全国各地蓬勃兴起。

为了配合节水灌溉技术的推广和普及,近年来,我们陆续举办了一系列培训班,请高等院校、科研单位、生产管理部门的有关专家讲课,并编写教材。在此基础上,充实修改,编写出节水灌溉系列培训教材,包括《水土资源评价与节水灌溉规划》、《喷灌与微灌设备》、《渠道防渗工程技术》、《管道输水工程技术》、《喷灌工程技术》、《微灌工程技术》、《地面灌溉节水技术》、《雨水集蓄工程技术》、《水稻节水灌溉技术》九个分册。该教材主要面向县、乡两级基层水利技术人员,普及与回答节水灌溉工作中的基本技术知识和常见问题,强调适用性,使读者在学到节水灌溉工程技术的同时也了解到水资源开发利用、节水管理技术及节水农艺措施等方面的知识,并能够结合当地情况选择适宜本地区节水灌溉的技术路线,掌握节水灌溉技术的实施步骤、设备选择、工程设计、施工、质量控制和运行管理等技术方法。

这套教材可用以对基层水利人员实施“继续工程教育”和“蓝色证书”的培训，也可作为基层水利技术人员实施节水灌溉工程的参考资料。相信这套教材的出版发行，会对推动基层水利职工培训，节水灌溉的普及和技术水平的提高，灌溉管理水平的提高起到有益的作用。

由于节水灌溉技术内容丰富、发展迅速，有待进一步研究的内容很多，加之编写时间仓促，本书的不足和错误之处，诚恳希望读者提出补充、修改意见。我们向所有对这项工作给予支持的各位领导、有关单位和参与编写、审稿工作的同志表示衷心的感谢。

水利部农村水利司

冯广志

1997年12月22日

前 言

喷灌在世界范围内迅速发展原因并非仅仅是为了节约农业用水，但在水资源严重短缺的我国，喷灌始终是作为一项先进的节水灌溉技术发展的。为配合全国 300 个节水增产重点县的建设，大力普及节水灌溉，实现农业的可持续发展，受水利部农村水利司和中国灌溉排水技术开发培训中心的委托编写了这本《喷灌工程技术》。

我国自 70 年代开始在全国范围内进行喷灌技术的研究、开发和生产应用。经过 20 多年的不懈努力，初步形成了适合国情的技术体系，其内容丰富，体系完整，技术集成度和成熟度较高。我国开发了喷灌工程建设所需的各种材料和设备，并形成了一定的生产能力和供应规模，基本上可以满足当前市场的需要。为保证喷灌事业的健康发展，还颁布了《喷灌工程技术规范》、《喷灌工程技术管理规程》等国家标准和行业标准，成为喷灌工程建设、管理和专用设备生产制造必须遵守的依据和准则。“九五”期间是喷灌快速发展的时期，全国喷灌面积从 1992 年的 1250 万亩发展到 1997 年的 1900 万亩，年平均增长率超过 10%。党的十五届三中全会提出“把推广节水灌溉作为一项革命性措施来抓”的要求，为喷灌事业的进一步发展带来了前所未有的机遇。

喷灌的技术含量较高，涉及面广，规划设计、设备选型、施工安装、管理运行均需要掌握专门的知识和技术。本书本着实用的原则，介绍了喷灌的基本原理和基本概念，论述了规划设计的原则、常用分析计算方法，编入了必要的资料以及对施工和工程管理的基本要求。

本书由赵竞成、任晓力主编，赵竞成拟定编写提纲。参加编写人员有：赵竞成（第一、九、十章），任晓力（第七章），高占义（第八章），高文荣（第六章），张玉掀（第四章），吴玉芹（第三章），陆文红（第二章），刘丽艳（第五章）。全书由赵竞成、任晓力统稿并修改。

承薛克宗主审本书并提出许多宝贵的修改意见，在编写中还得到有关专家和领导的支持和帮助，在此一并致以衷心的感谢。

由于我们水平有限，书中不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

1999 年 1 月

目 录

序

前 言

第一章 概论	(1)
第一节 喷灌的特点	(1)
第二节 喷灌系统的组成和分类	(2)
第三节 喷灌的发展概况和应重视的几个问题	(5)
第二章 喷洒原理及基本参数	(8)
第一节 喷头的喷洒原理	(8)
第二节 喷头基本参数	(11)
第三节 组合喷灌强度和喷灌均匀度	(14)
第四节 风对喷灌的影响及飘移蒸发损失	(15)
第三章 规划设计基本资料	(17)
第一节 资料种类及其应用	(17)
第二节 地形与土壤资料	(18)
第三节 气象资料	(26)
第四节 作物资料	(27)
第五节 水源资料	(32)
第四章 设备及选型	(37)
第一节 喷头的分类、性能及选型	(37)
第二节 喷灌用水泵的性能及选型	(40)
第三节 喷灌管材及附件的选择	(46)
第四节 喷灌机的分类及选择	(55)
第五章 水力计算	(65)
第一节 管道沿程水头损失	(65)
第二节 多口出流时管道沿程水头损失	(70)
第三节 管道的局部水头损失	(71)
第四节 水锤分析	(73)
第六章 喷灌工程规划	(78)
第一节 规划的原则及内容	(79)
第二节 喷灌设计标准	(81)
第三节 喷灌工程的用水分析	(86)
第四节 喷灌水源分析及水源工程规划	(94)

第五节	喷灌工程总体布置	(97)
第六节	技术经济分析	(99)
第七章	管道式喷灌系统设计	(107)
第一节	技术设计阶段应提出的成果	(107)
第二节	喷灌的技术要求	(110)
第三节	喷头的选择与组合	(110)
第四节	田间管道系统的布置	(114)
第五节	喷灌工作制度的拟定	(116)
第六节	管道系统设计	(118)
第七节	机压喷灌系统的水泵选择	(123)
第八节	山丘区管道式喷灌系统设计	(124)
第九节	设计示例	(131)
第八章	机组式喷灌系统设计	(143)
第一节	轻小型喷灌机组系统设计	(143)
第二节	卷盘式喷灌机系统设计	(148)
第三节	大型喷灌机系统设计	(153)
第九章	施工	(161)
第十章	管理	(167)
主要参考文献		(173)

第一章 概 论

第一节 喷 灌 的 特 点

喷灌是利用水泵加压或自然落差将水通过压力管道送到田间，经喷头喷射到空中，形成细小的水滴，均匀喷洒在农田上，为作物正常生长提供必要水分条件的一种先进灌水方法。与传统的地面灌水方法相比，喷灌具有明显的特点。

一、喷灌的优点

1. 节约用水

尽管喷灌在世界范围的迅速发展并非仅仅是为了节水，但在水资源严重短缺的我国，喷灌始终是作为一项先进的节水灌溉技术发展的。灌溉水的损失，一是发生在从水源到田间的输水过程中，二是发生在田间灌水过程中。我国灌溉水利用系数仅为 0.4~0.45，换言之有一半多的水量在灌溉过程中白白浪费掉了。喷灌通常采用管道输水、配水，输水损失很小。喷灌是利用喷头直接将水比较均匀地喷洒到作业面上，田面各处的受水时间相同，只要设计正确和管理科学，可以不产生明显的深层渗漏和地面径流。因此喷灌的灌溉水利用系数可以达到 0.75 以上，较传统的地面灌节水 40% 左右。但是，水是可重复利用的资源，灌溉中损失的大部分水量对水资源而言是一种回补，故对“节水”素有不同的认识。灌溉是在一定的时空范围内发生的过程，在供水有限的前题下，用水具有排他性，因此粗放的灌溉方式绝不可能达到农业水资源的高效利用，这一点无论对工程性水资源短缺的地区，还是资源性水资源短缺的地区都是同样的。

2. 增加农作物产量、提高农作物品质

节水灌溉的目的是为了增加农作物产量，提高农作物品质，实现两高一优农业。任何节水灌溉技术措施都不应违背这一基本要求。

喷灌对增加农作物产量的作用是多方面的。首先，喷灌可以适时适量地满足农作物对水分的要求，从每亩喷洒十几方水到几十方水，只要控制喷洒时间或行喷速度即可实现，这对于精细控制土壤水分、保持土壤肥力，适应换茬时两种作物对水分的不同要求极为有利。喷灌像降雨一样湿润土壤，不破坏土壤团粒结构，为作物根系生长创造了良好的土壤状况。喷灌大大减少了沟渠和田埂占地，一般可提高耕地利用率 7%~15%，这对于单产较高的小麦等条播作物进一步提高产量效果十分明显。喷灌可以调节田间小气候，增加近地层空气湿度，调节温度和昼夜温差，不但可避免干热风、霜冻对作物的危害，而且可显著提高水果、蔬菜、茶叶、烟草等经济作物的品质。

3. 节省劳力

喷灌在世界范围内得以迅速发展的原因之一，是为了提高农业劳动生产率。我国农业经营正在向集约化、规模化方向发展，同样面临着提高农业劳动生产率的问题。喷灌的机械化程度高，大大减轻灌水的劳动强度和提高作业效率，免去年年修筑田埂和田间沟渠的

重复劳动。可以说，喷灌是我国今后全面实现农业机械化最有效的灌溉措施之一。

4. 适应性强

喷灌是将水直接喷洒到田面上，并且在一定条件下不产生径流，故灌水均匀度与地形和土壤透水性没有直接的关系，在土壤透水性强或地形坡度较大的条件下仍可以采用喷灌，在大多数情况下无需为灌溉而平整土地和控制地面坡度。

二、喷灌的缺点

1. 喷洒作业受风的影响

风不但会将喷洒的水滴吹到远处，而且显著改变各方向的射程和水量分布，影响灌水质量，甚至产生漏喷，一般风力大于3级时不宜进行喷洒作业。灌溉季节多风的地区应在设备选型的规划设计上充分考虑风的不利影响，如难以解决，则应考虑采用其他灌溉方法。

2. 设备投资高

喷灌系统工作压力较高。对设备的耐压要求也高，因而设备投资一般较高。如固定管道式喷灌系统900~1200元/亩；半固定管道式喷灌系统300~450元/亩；卷盘式喷灌机约300元/亩；大型机组约400元/亩。这也是当前制约喷灌发展的主要因素。与此相关的另一个问题是，目前喷灌设备质量不高，加上管理不善，造成设备损坏、丢失，甚至系统提前报废，投入得不到相应的回报。因此建设喷灌工程必须切实把好设备和施工质量关，管理上也要上个台阶。

3. 耗能

地面灌只要将水通过渠道、管道送到地头即可实现自流灌溉，喷灌则要利用水的压力使水流破碎成水滴并且喷洒到规定范围内，显然喷灌需要多消耗一部分能源。但喷灌还有节水的一面，节了水也就是节约了能源。说喷灌比地面灌耗能多一般是符合实际的，但在扬程高的提水灌区和地下水埋深大的井灌区也有不少既节水，也节电节油的实例，对此应根据当地条件进行综合分析，作出正确的结论。

喷灌耗能大的问题促进了喷灌向低压化方向的发展，如低压喷头已在大型机组和卷盘式喷灌机上得到广泛的应用，固定管道式喷灌系统也在向降低工作压力方向发展。另外，我国不少丘陵、浅山区有自然水头可以利用，可大力发展自压喷灌。

第二节 喷灌系统的组成和分类

一、喷灌系统的组成

通常喷灌系统由水源工程、水泵和动力机、输配水管道系统、喷头以及附属设备、附属建筑物组成。

1. 水源工程

喷灌系统的水源可以是河流、湖泊、水库、池塘、泉水、井水或渠道水等。喷灌的建设投资较高，设计保证率一般要求不低于85%，水源应满足喷灌在水量和水质方面的要求。对于轻小型喷灌机组，应设置满足其流动作业要求的田间水源工程。

2. 水泵和动力机

除利用自然水头以外，喷灌系统的工作压力均需由水泵提供，与水泵配套的动力机在

有供电的情况下应尽量采用电动机，无电地区只能采用柴油机，轻小型喷灌机组为移动方便通常采用喷灌专用自吸泵并以柴油机、汽油机带动。在井灌区等建设的小型喷灌工程往往用水泵一次完成提水和加压工作，建设大型喷灌工程时为了降低系统工作压力，通常采用分级加压的方式。喷灌系统实际工作流量变化大时，应对水泵的运行进行调节，最常用的有增减水泵开启台数和配备压力罐进行水泵工作时间调节等方式。

3. 管道系统

喷灌使用有压水，故一般采用压力管道进行输配水。大型喷灌工程或在渠灌区发展喷灌也可以利用明渠输水，在支渠或斗渠控制范围内设立加压泵站，加压后再进入喷灌管道系统。喷灌管道系统应能承受一定的压力并通过一定的流量，通常分为干管和支管两级。干管起输配水的作用，支管是工作管道，支管上按一定间隔安装竖管，竖管上按装喷头，压力水通过干管、支管、竖管、经喷头喷洒到田面上。必要时可增加一级分干管。管道根据敷设状况可分为地埋管道和地面移动管道，地埋管埋于地下，地面移动管则按灌水要求沿地面铺设。部分喷灌机组的工作管道往往和行走部分结合为一个整体。

4. 喷头

喷头是喷灌系统的专用设备，形式多种多样，但作用都是将管道内的连续水流喷射到空中，形成众多细小水滴，散落到地面的一定范围内补充土壤水分。对喷头的基本要求：①使连续水流变为细小水滴，称为雾化。②使水滴较均匀地喷洒到地面的一定范围内，称为合理的水量分布。③单位时间内喷洒到地面的水量应适应土壤入渗能力，不产生径流，称为适宜的喷灌强度。单喷头的喷洒范围很有限，水量分布难以达到均匀，故实际应用中经常是多喷头作业，称为喷头组合。作业中喷头边喷边移动时称为行走式喷洒（简称行喷），作业中喷头不移动的称为定点喷洒（简称定喷）。

5. 附属设备、附属工程

喷灌工程中还用到一些附属设备和附属工程。如果从河流、湖泊、渠道取水，则应设拦污设施；为了保护喷灌系统安全运行，必要时应设进排气阀、调压阀、减压阀、安全阀等。为了喷灌系统安全越冬，应在灌溉季节结束后排空管道中的水，故需设泄水阀。为观察喷灌系统的运行状况，在水泵进出管路上应设真空表、压力表以及水表，在管道系统上还应设置必要的闸阀，以便配水和检修，利用喷灌喷洒农药和肥料时，还应有必要的调配和注入设备。

采用卷盘式喷灌机等机组式喷灌系统时应按喷灌的要求规划田间作业道路和供水设施。以电动机为动力时应架设供电线路，配置低压配电和电气控制箱等。

附属设备、附属工程对于保证喷灌系统正常运行，充分发挥效益具有重要的意义，应引起足够的重视。

二、喷灌系统的分类

喷灌系统的形式很多，各具特点，分类的方法也不同。如按喷灌系统获得压力的方式分类，有机压喷灌系统和自压喷灌系统以及原则上属于机压喷灌系统但又具有自压喷灌特点的扬水自压喷灌系统。如按系统构成的特点分类，又可分为管道式喷灌系统和机组式喷灌系统。

（一）机压喷灌系统和自压喷灌系统

机压喷灌系统顾名思义是以机械加压的喷灌系统，一般使用各类水泵加压，动力机可采用电动机、柴油机、汽油机，也可利用拖拉机的动力输出轴提供动力。这是喷灌获取压力最普遍的方式，也是最容易实现的形式，缺点是要消耗能源。水泵的流量要满足灌溉要求，其扬程除应保证喷头工作压力外，还要考虑克服管道沿程和局部损失，以及水源和喷头之间的高差。

自压喷灌系统多建在山丘区，当水源位置高于田面，且有足够的落差时，利用水源具有的自然水头，用管道将水引至喷灌区，把位能转变为压力水头，实现喷灌。自压喷灌无需消耗二次能源，大大减少了系统运行的费用，是一项值得大力推广的方式。自压喷灌依赖于一定地形条件，反过来，复杂的地形条件也给自压喷灌带来了一些特殊的问题。如系统压力随高程变化而变化，往往相差悬殊，规划设计中要考虑压力分区的问题，有时还要考虑减压、调压的问题等等。这些技术问题并不难解决，但决不能忽视。

使用水泵将低处的水扬至高处的蓄水池中，然后按自压喷灌的方法实现喷灌，是山丘区常见的一种形式。其原因一般是因为供电没有保证，利用用电低谷时先将水扬至蓄水池中，灌溉时不再依赖供电状况。另外利用风力扬水时，因动力不大，往往也采用这种形式积“小水”为“大用”。总之，在山丘区利用自然水头或其他自然能源，甚至错峰用电都是值得大力提倡的。

(二) 管道式喷灌系统和机组式喷灌系统

1. 管道式喷灌系统

管道式喷灌系统是为区别机组式喷灌系统而命名的。它以管道为主要材料，通过工程措施形成完整的灌溉系统。

管道式喷灌系统具有明显的工程特征，喷灌系统的形成取决于规划、设计、施工的每一个环节，选择的余地大，影响系统性能和质量的因素也多。为适应不同的要求，管道式喷灌系统常分为固定管道式喷灌系统、半固定管道式喷灌系统和移动管道式喷灌系统。

固定管道式喷灌系统的全部管道在整个灌溉季节甚至常年都是固定不动的，一般埋于地下。固定管道式喷灌系统的设备利用率不高，亩投资高，但使用方便，适合经济发展水平高，劳力紧张，以种植灌水频繁、价值高的蔬菜为主的城市郊区，也适合灌水频繁的经济作物。固定管道式喷灌系统为减小设计流量一般采用按支管轮灌的方式。为降低亩投资也可采取同时向各支管供水，但每条支管仅开启一个喷头的方式，这时干管处于多孔出流的状态，水头损失小，支管则仅向一支喷头供水，流量不大，干、支管均可采用较小口径的管道。

半固定管道式喷灌系统干管固定设置，但支管移动使用，大大提高了支管的利用率，减少支管用量，使亩投资低于固定管道式喷灌系统。这种形式在我国北方小麦产区具有很大的发展潜力。为便于移动支管，管材应为轻型管材，如薄壁铝管、薄壁镀锌钢管，并且配有各类快速接头和轻便的联接件、给水栓。

移动管道式喷灌系统的干、支管道均为移动使用。如果干管采用轻型管道沿地面铺设，但灌水中并不移动，移动的仅仅是支管，仍应属半固定管道式喷灌系统的范畴。

2. 机组式喷灌系统

机组式喷灌系统以喷灌机（机组）为主要设备构成。喷灌机的制造在工厂完成，具有

集成度高、配套完整、机动性好、设备利用率和生产效率高等优点，在农业机械化程度高的国家往往采用这种系统。喷灌机必须与水源以及必要的供水设施等组成喷灌系统才能正常工作，而且为了充分发挥喷灌机的作业效率，对田间工程也有要求。故采用机组式喷灌系统时除应选好喷灌机的机型外，还应按喷灌机的使用要求搞好配套工程的规划、设计和施工。

我国一般将喷灌机按运行方式分为定喷式和行喷式两类，同时按配用动力的大小又包括大、中、小、轻等多种规格品种。我国应用最多的是轻小型喷灌机，此外电动圆形喷灌机、平移式喷灌机、滚移式喷灌机、软管牵引卷盘式喷灌机大中型喷灌机也有一定范围的应用。这些圆形、平移式和滚移式喷灌机一般采用多跨式结构，可根据地块大小来选择跨数，但跨数过少将影响其经济性，单机控制面积一般为 400~800 亩。

软管牵引卷盘式喷灌机属于行喷式喷灌机，规格以中型为主，同时也有小型的产品。国外还应用钢索牵引卷盘式喷灌机，但仅适用于牧草的灌溉。软管牵引卷盘式喷灌机结构紧凑，机动性好，生产效率高，规格多，单机控制面积可达 150~300 亩，喷洒均匀度较高，喷灌水量可在几毫米至几十毫米的范围内调节。这种机型适合我国目前的经济条件和管理水平，只要形成农业的适度规模经营或统一种植，即可在一定范围内推广应用。软管牵引卷盘式喷灌机一般采用大口径单喷头作业，故入机压力要求较高，能耗较大，对于灌水频繁的地区，应慎重选用。软管牵引卷盘式喷灌机的另一个不足之处是需要留出机行道，应在农田基本建设中统一规划，尽量减少占地。

轻小型喷灌机组指 10kW 以下柴油机或电动机配套的喷灌机组，有手抬式和手推式两种，均属定喷式喷灌机。轻小型喷灌机组是适应 70 年代我国农村的动力情况发展起来的，经过 20 年的不懈努力，目前已形成动力从 2~12kW (3~15 马力)，配套完整、规格齐全、批量生产的喷灌主导产品之一。轻小型喷灌机组适应水源小而分散的山丘区和平原缺水地区，具有一次性投资少，操作简单，保管维修方便，喷灌面积可大可小，适用于抗旱等优点。轻小型喷灌机组的应用在经历了一段迅速发展后已趋于平稳，其原因是多方面的，但与这种形式本身存在的不足之处也不无关系，如移动困难、喷洒均匀度不易保证等等。采用轻小型喷灌机组时不应忽视水源工程的建设。否则到了干旱时难以发挥作用。

第三节 喷灌的发展概况和应重视的几个问题

一、喷灌的发展概况

我国虽在 50 年代就已建设了一些喷灌试验工程，但形成一定规模地进行研究、开发和生产应用则是进入 70 年代以后的事情。1976 年喷灌列入国家科研计划，1977~1978 年国家计委将喷灌列为重点推广项目，原水利电力部正式将喷灌列入水利建设计划。经过 20 多年的努力，全国绝大部分县开展了喷灌的试点、示范和推广工作，喷灌面积达到 1900 万亩。

喷灌不同于传统的地面灌溉，它需要各种专用材料和设备，为此我国研制了轻小型喷灌机、中心支轴式喷灌机、平移式喷灌机、软管牵引卷盘式喷灌机、滚移式喷灌机等设备，其中轻小型喷灌机已形成上 10 万台的年生产能力，电动中心支轴式喷灌机和滚移式喷灌机也已定型并批量生产。自行开发了塑料管等多种地埋管材和配套管件，开发了薄壁铝管、镀

锌薄壁钢管等移动管材，并已形成批量生产能力。喷头以水平摇臂式喷头为主体，先后开发了PY₁、PY₂及ZY₁、ZY₂四个系列的金属摇臂式喷头以及PYS系列塑料摇臂式喷头，此外，还有我国独创的步进式全射流喷头。这些喷头规格比较齐全，均已定型生产。我国原有水泵规格型号中适合轻小型喷灌机组的并不多，且效率偏低，体积重量偏大。为此研制了喷灌专用系列水泵，具有结构紧凑、体积小，“三化”程度高，配套合理等优点，已普遍推广应用。尽管我国喷灌专用设备的生产还存在质量不稳，综合配套水平不高，专用材质有待开发等问题，但已形成一定的生产能力和供应规模，基本可以满足当前建设节水灌溉工程的需要。值得注意的是，随着喷灌设备需求的增加，一些不具备生产条件的小厂挤入了喷灌设备生产行列，劣质产品充斥市场，给发展喷灌带来隐患。因此，喷灌材料设备的选择，除考虑型号和规格外，一定要注重产品质量。

我国在发展喷灌的过程中，结合国情已形成了一套较为完整的技术体系，对世界上绝大多数的喷灌形式都进行了深入细致的研究和示范，包括技术比较复杂的恒压喷灌系统和大型机组式喷灌系统。在管网优化设计、喷头合理组合、自压喷灌、喷头和喷灌自吸泵设计、施工技术等方面均达到了较高的水平。从技术上看，我国的喷灌技术内容丰富、体系完整、集成度和成熟度较高。为了保证喷灌事业的健康发展，我国于1985年颁布了国家标准GBJ85—85《喷灌工程技术规范》和部标准SD148—85《喷灌工程技术管理规程》，对规划设计的标准化和规范化发挥了重要作用。针对喷灌使用专用设备多的特点，我国对主要的喷灌设备颁布了国家标准或行业标准，如喷头、管材、自吸泵等等，这些标准是喷灌设备生产制造必须遵守的准则和依据。

我国喷灌面积到1985年已达到1000万亩，此后因农村生产体制的变革以及对节水灌溉的认识尚比较肤浅，喷灌面积发展不快，各地区的发展也很不平衡。1985年原水利电力部组建了中国喷灌技术开发公司（1987年更名为中国灌排技术开发公司），负责开发和引进喷灌技术，并向发展喷灌的基层单位发放专项贴息贷款，有力地支持了各地发展喷灌、微灌的积极性。如北京市顺义县1985~1988年推广半固定管道式喷灌，全县80万亩耕地都使用了喷灌，取得了显著的经济效益和环境效益，为我国在粮食作物上大规模发展喷灌提供了很有说服力的例证和成功经验。

“九五”期间是我国喷灌快速发展的时期。党的十四届五中全会和八届人大四次会议明确提出要“大力普及节水灌溉技术”，1996年国务院决定在全国建设300个节水增产重点县，以点代面，推动全国节水灌溉的普及。这种形势有力地促进了喷灌事业的发展，全国喷灌面积从1992年的1250万亩发展到1997年的1900万亩，年平均增长率超过10%。喷灌面积的发展带动了喷灌材料设备生产制造业的发展，不但应用较有基础的轻小型喷灌机组和金属移动管道的市场需求增加，以往应用较少的卷盘式喷灌机和圆形喷灌机的市场需求也呈现加大趋势。

二、当前发展喷灌应重视的几个问题

喷灌是当今世界上最主要的节水灌溉技术之一，美国、前苏联的喷灌面积均占其总灌溉面积的40%以上；随着科学技术的进步，上百万亩的大型喷灌工程的建设已成为可能；喷灌技术和农业技术的结合显著提高了水的利用率和利用效率，提高了土地生产率和劳动生产率。由于喷灌面积迅速扩大，世界上已形成了相当规模的支撑产业，出现了一批名牌产

品和著名企业，成为发展喷灌必不可少的产业基础和技术进步的主力军。

我国喷灌事业面临前所未有的发展机遇，解决好当前发展喷灌应引起重视的几个问题至关重要。

1. 加强培训

喷灌的技术含量高，涉及面广，规划、设计、设备选型、施工安装、运行管理均需掌握专门的知识和技术。我国目前喷灌发展很快，不少地区、不少技术人员是第一次接触这项技术，对其基本概念和基本要求都缺乏理解，难以实行科学规划、正确设计、合理选型，也难以建好、用好喷灌工程。搞喷灌技术培训必须先行一步。先培训技术骨干，再通过他们进行技术示范，教育工程管理人员和广大农民增强节水意识，掌握必要的知识和技能，用好管好喷灌工程。

2. 统一规划、合理选型

喷灌工程是一个复杂的系统，包括水源、输水、调蓄加压、田间系统等等，不进行统一的规划，难免偏颇。喷灌系统建设费用较高，灌溉保证率的要求也较高，故水源必须有保证。在县域内发展喷灌，应根据自然条件、水源和现有水利工程状况、种植结构、经济条件、管理水平等确定喷灌的规模和优先顺序。在渠灌区发展喷灌，应考虑喷灌和地面灌溉在灌水定额和灌水周期上的差异，综合评价修建调蓄建筑物的必要性和可行性。在已建节水灌溉工程上改建喷灌工程，应充分考虑其必要性和经济性。选用各类喷灌机发展喷灌时，应同时考虑供水系统和田间配套工程，否则难以正常发挥效益。

3. 专业化施工

喷灌系统工作压力较高、隐蔽工程多，施工和设备安装质量的好坏直接关系工程能否正常使用，效益能否正常发挥。各地区在发展喷灌时，培养一支专业化的施工队伍非常重要。只有实行专业化，施工队伍的技术水平才能迅速提高，施工条件才能得到改善，施工工艺才能得到遵守，施工质量才能得到保证，施工监理制才能得以实行。

4. 严格把好材料设备质量关

喷灌工程使用大量的材料设备，材料设备不合格无异于埋下了隐患。随着喷灌材料设备市场需求的扩大，一些不具备生产条件的小企业进入这一领域，粗制滥造的伪劣产品充斥市场。由于地方保护主义和不法竞争致使质量好的正规产品受到冷落，难以继续发展和进一步提高。另一方面国外喷灌设备已开始进入中国市场，对我国正在形成的喷灌材料设备产业形成了不小的冲击。面对这种状况，有关部门应大力扶持国产名牌产品和龙头企业，企业则应提高产品质量、降低生产成本、畅通供应渠道、改善售后服务和技术支持，从根本上解决问题。当前水利部门应以“百年大计，质量第一”的原则，严格把好材料设备的进货渠道和质量验收工作。

第二章 喷洒原理及基本参数

喷灌与传统的地面灌溉最显著的区别是将灌溉水加压（机械加压或自压），并通过喷头以降雨的形式洒落在田面上。因此，喷头就成为喷灌的关键设备，也是专用设备。喷头的结构形式、制造质量的好坏以及对它的使用是否得当，将直接影响喷灌的质量及经济性，所以掌握喷灌技术，首先必须对喷头有所了解。本章主要介绍喷头的喷洒原理、基本参数以及风对喷头喷洒质量的影响等。

第一节 喷头的喷洒原理

在喷灌过程中，喷头将具有压力的水喷射到空中，形成水滴并均匀地散布在它所控制的田面上。有压水流从管道进入喷头经喷嘴喷出，喷嘴一般采用收缩管嘴。水流喷出后，在空中形成一道弯曲的水舌——射流，空中的射流由密实、碎裂、分散雾化三个区域组成（如图 2-1）。在密实部分，水流连续，呈透明的圆柱状；在碎裂部分，空气逐渐掺入，在流速低时，射流受表面张力作用而发生波动，直到碎裂成水滴；流速高时，射流受周围空气作用形成紊流而碎裂，水流分散成水滴。射流分散受水自身的重力、空气阻力、射流紊动性引起的内力、水的表面张力的综合作用，最后雾化成水滴，降落在田面上。

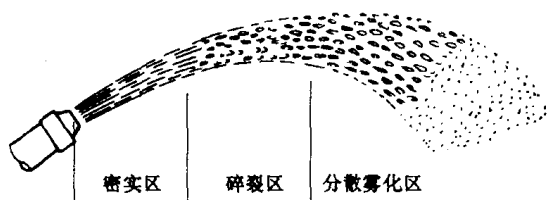


图 2-1 射流分区图

对于一个高质量的喷头，要求其射流的射程远，水滴碎裂适中、并能按一定的规律喷洒在其射程范围内。对于使用最普遍的旋转式喷头，还要求射流驱动喷头绕竖轴旋转，形成一个以竖管轴线为中心的圆形或扇形喷洒区。由于射流驱动喷头绕竖轴旋转的方式不同，旋转式喷头又分为摇臂式、垂直摇臂式和全射流式。下面分别介绍它们的工作原理。

一、摇臂式喷头

摇臂式喷头的转动机构是一个装有弹簧的摇臂，在摇臂前端有偏流板和勺形导水片，当水舌通过偏流板或直接冲击导水片改变方向时，水流的冲击力使摇臂转动 $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$ ，并把摇臂弹簧扭紧，随后在弹簧力作用下摇臂回位，敲击喷体（即由喷管、喷嘴、弯头等组成的一个可以转动的整体），使喷管转动 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ ，并进入下一次循环（每个循环周期为 $0.2 \sim 2.0\text{s}$ 不等）。如此周而复始，使喷头不断旋转，其结构形式可参见图 2-2 和图 2-3。

这种喷头的扇形喷洒机构，是在喷管后面装有一个双稳态的突变挡销。此挡销只有两个稳定的位置，在一个位置时挡销挡不住摇臂，摇臂可以自由转动使喷头作正向旋转，在另一位置时，挡销挡住摇臂的后部，限制了摇臂的摆幅，摇臂在水力作用下直接撞击挡销，使喷管作反向转动。突变挡销是由两个装在套轴上的挡杆（定位销）来控制的，只要调节